

(3)

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-125360  
(P2002-125360A)

(43)公開日 平成14年4月26日 (2002.4.26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト(参考)
H 0 2 K 41/03		H 0 2 K 41/03	A 5 H 0 0 2
1/18		1/18	D 5 H 5 4 0
15/02		15/02	D 5 H 6 1 5
15/08		15/08	5 H 6 4 1
41/02		41/02	C

審査請求 未請求 請求項の数24 OL (全 15 頁) 最終頁に統く

(21)出願番号	特願2000-316844(P2000-316844)	(71)出願人 000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22)出願日	平成12年10月12日 (2000.10.12)	(72)発明者 金 弘中 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
		(72)発明者 牧 晃司 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
		(74)代理人 100075096 弁理士 作田 康夫
		最終頁に統く

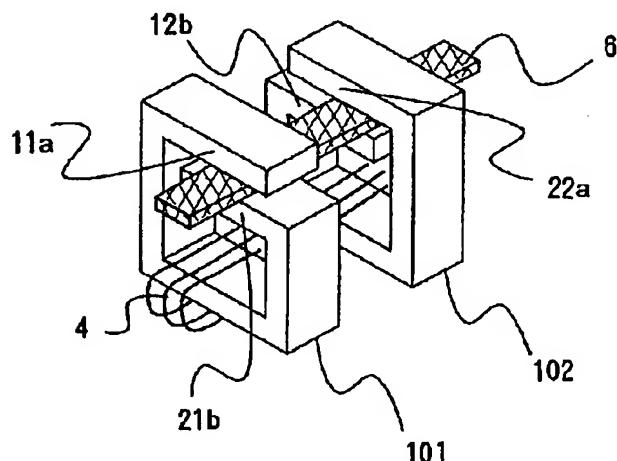
## (54)【発明の名称】 リニアモータ及びその制御方法

## (57)【要約】

【課題】電機子の磁極歯間の隙間を通る磁束の漏れを少なくして、電機子と可動子の間に生ずる磁気吸引力を小さくすることにある。

【解決手段】第1部材と第2部材からなるリニアモータであって、前記第1部材が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有し、前記第2部材が前記第一の対向部に挟持され、かつ、前記第2部材が前記第二の対向部に挟持され、相対移動することにする。前記第1部材は鉄心と巻線からなり、前記第2部材は永久磁石、磁性体、巻線の単種類、又は複数種類材料の組み合わせにより構成する。

図 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1部材と第2部材からなるリニアモータであって、前記第1部材が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有し、前記第2部材が前記第一の対向部に挟持され、かつ、前記第2部材が前記第二の対向部に挟持され、相対移動するリニアモータ。

【請求項2】第1部材と第2部材からなるリニアモータであって、前記第1部材と前記第2部材との相互作用により、前記第2部材の相対移動方向と垂直方向における相対位置が保持されるリニアモータ。

【請求項3】請求項1又は請求項2において、前記第1部材は鉄心と巻線からなり、前記第2部材は永久磁石、磁性体、巻線の単種類、又は複数種類材料の組み合わせにより構成するリニアモータ。

【請求項4】請求項1又は請求項2において、前記第1部材は鉄心、永久磁石と巻線からなり、前記第2部材は永久磁石、磁性体、巻線の単種類、又は複数種類材料の組み合わせにより構成するリニアモータ。

【請求項5】請求項1において、前記第2部材の永久磁石、強磁性体を配置する際にスキーをしたリニアモータ。

【請求項6】請求項1乃至請求項5のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータと前記第1部材と前記第2部材の相対的な変位と磁極を検出するセンサとその信号をフィードバックする制御部とパワードライブ部からなるクローズループ制御システムを構成するリニアモータ駆動システム。

【請求項7】請求項1乃至請求項5のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータと制御部とパワードライブ部からなるオープンループ制御システムを構成するリニアモータ駆動システム。

【請求項8】請求項1乃至請求項7のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータと、パワードライブ部と、前記リニアモータの誘起電圧を検出し、該電圧検出値に基づいて、前記第1部材と第2部材の相対的な磁極位置を推定する手段を含む制御部からなる制御システムを構成するリニアモータ駆動システム。

【請求項9】請求項1乃至請求項7のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータと、パワードライブ部と、前記リニアモータに流れる電流を検出し、該電流検出値に基づいて、前記第1部材と第2部材の相対的な磁極位置を推定する手段を含む制御部からなる制御システムを構成するリニアモータ駆動システム。

【請求項10】請求項1乃至請求項9のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータの製造方法において、前記第1部材は単一励磁巻線を施し、流す電流の方向を駆動回路により交互に切り換える

リニアモータ。

【請求項11】請求項1乃至請求項9のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータの製造方法において、前記第1部材の巻線は巻方向をお互いに逆にした二つの巻線を同一鉄心に施し、交互の巻線に駆動回路により同一方向の電流を流すリニアモータ。

【請求項12】請求項1乃至請求項11のいずれかにおいて、前記第1部材を複数個並べ、極ピッチをPとするとき、隣り合う第1部材の磁極歯とのピッチを $(k \cdot P + P/M)$  { $(k = 0, 1, 2, \dots)$ ,  $(M = 2, 3, 4, \dots)$ } {ここに、kは隣り合う第1部材の配置可能範囲で自由に選べる数、Mはモータの相数}とするリニアモータ。

【請求項13】請求項1乃至請求項12のいずれかにおいて、前記第1部材を複数個並べ、多数の第1部材を1相とし、極ピッチをPとするとき、同相間の隣り合う第1部材の磁極歯とのピッチを $(k \cdot P)$  { $(k = 0, 1, 2, \dots)$ }, 異相間の隣り合う第1部材の磁極歯とのピッチを $(k \cdot P + P/M)$  { $(k = 0, 1, 2, \dots)$ ,  $(M = 2, 3, 4, \dots)$ } {kは隣り合う第1部材の配置可能範囲で自由に選べる数、Mはモータの相数}とするリニアモータ。

【請求項14】請求項1乃至請求項13のいずれかにおいて、前記第1部材の磁極ピッチと前記第2部材の磁極ピッチを異なる値とするリニアモータ。

【請求項15】請求項1乃至請求項14のいずれかにおいて、前記第1部材のギャップ内を相対移動する第2部材を支持する支持機構を設けるリニアモータ。

【請求項16】前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータの製造方法において、前記第1部材の巻線が配置される鉄心部と前記第2部材が挟持される対向部を有する磁極部を積層鋼板により分割製作して組み立てるリニアモータの製造方法。

【請求項17】前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータの製造方法において、前記第1部材と前記第2部材との相対移動方向に対して上下方向または左右方向に前記第1部材の鉄心を複数に分割製作し、前記第1部材の巻線を鉄心部に収納し前記分割製作した鉄心とを一体化するリニアモータの製造方法。

【請求項18】請求項1において、該リニアモータは、磁性体で形成された電機子と、該電機子に巻回されたコイルと、該電機子が生ずる磁場に作用することにより、該電機子と相対的に移動可能な可動子とからなるリニアモータであって、

該リニアモータは更に前記電機子の一方の磁極に磁気的に結合され、該可動子の移動方向に対し略垂直方向に第1段及び第2段に分けて配列した一方の磁極歯列と、前記電機子の他方の磁極に磁気的に結合され、該可動子の移動方向に対し略垂直方向に第1段及び第2段に分け

て配列した他方の磁極歯列とを有し、該一方の磁極歯列の第1段の磁極歯と該他方の磁極歯列の第1段の磁極歯が該可動子の移動方向に対して交互に配列され、

該一方の磁極歯列の第2段の磁極歯と該他方の磁極歯列の第2段の磁極歯が該可動子の移動方向に対して交互に配列され、

該一方及び該他方の第1段の磁極歯列と該一方及び該他方の第2段の磁極歯列の間に該可動子が配列されたリニアモータ。

【請求項19】請求項18において、前記電機子、前記コイル、前記一方及び他方の磁極歯列からなる電機子ユニットを複数個並べ、極ピッチをPとするとき、隣り合う電機子ユニットの前記磁極歯列とのピッチを

$$(k \cdot P + P/M) \quad \{ (k = 0, 1, 2, \dots), \quad (M = 2, 3, 4, \dots) \}$$

{kは隣り合う電機子ユニットの配置可能範囲で自由に選べる数、Mはモータの相数}とするリニアモータ。

【請求項20】請求項18乃至請求項19のいずれかにおいて、前記電機子、前記コイル、前記一方及び他方の磁極歯列からなる電機子ユニットを複数個並べ、多数の電機子ユニットを1相とし、極ピッチをPとするとき、同相間の隣り合う電機子ユニットの磁極歯列とのピッチを(k・P) { (k = 0, 1, 2, \dots) }、

異相間の隣り合う電機子ユニットの磁極歯列とのピッチを(k・P + P/M) { (k = 0, 1, 2, \dots), \quad (M = 2, 3, 4, \dots) } {kは隣り合う電機子ユニットの配列可能範囲で自由に選べる数、Mはモータの相数}とするリニアモータ。

【請求項21】請求項18乃至請求項20のいずれかにおいて、前記電機子、前記コイル、前記一方及び他方の磁極歯列からなる電機子ユニットの磁極歯列のピッチと前記可動子の磁極ピッチを同じ値、または、異なる値とするリニアモータ。

【請求項22】磁性体で形成された電機子と、該電機子に巻回されたコイルと、該電機子が生ずる磁場に作用する可動子とからなり、該可動子は固定的に支持され該電機子が相対的に移動可動なリニアモータであって、該リニアモータは更に前記電機子の一方の磁極に磁気的に結合され、該可動子の移動方向に対し略垂直方向に第1段及び第2段に分けて配列した一方の磁極歯列と、前記電機子の他方の磁極に磁気的に結合され、該可動子の移動方向に対し略垂直方向に第1段及び第2段に分けて配列した他方の磁極歯列とを有し、該一方の磁極歯列の第1段の磁極歯と該他方の磁極歯列の第1段の磁極歯が該可動子の移動方向に対して交互に配列され、

該一方の磁極歯列の第2段の磁極歯と該他方の磁極歯列の第2段の磁極歯が該可動子の移動方向に対して交互に配列され、

該一方及び該他方の第1段の磁極歯列と該一方及び該他方の第2段の磁極歯列の間に該可動子が配列されたリニアモータ。

【請求項23】磁性体で形成された電機子と、該電機子に巻回されたコイルと、該電機子が生ずる磁場に作用することにより、該電機子と相対的に移動可能な可動子とからなるリニアモータの製造方法において、該電機子と、一方及び他方の磁極と、一方及び他方の磁極歯列を、一体化した磁極ユニットとして積層鋼板により分割制作し、前記分割制作した磁極ユニットを組み合わせて前記リニアモータを構成するリニアモータの製造方法。

【請求項24】請求項1乃至請求項13のいずれかにおいて、前記第1部材の磁極ピッチと前記第2部材の磁極ピッチを同じ値とするリニアモータ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、リニアモータ及びその製造方法に関する。

【0002】特に、電機子に一つのコイルを巻回して向かい合う磁極歯が互い違いになる磁極を上部と下部2ヶ所に有するリニアモータ及びその制御方法に関する。

##### 【0003】

【従来の技術】従来、例えば、特開昭63-310361号公報には、リード線処理を簡単に安価に製造できるようにした構造のリニアパルスモータが開示されている。そのリニアモータの構造は、2相パルス回転モータを直線状に展開した構造である。

##### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来技術のリニアモータは、例えば、電機子に設けた2つの磁極と磁極板の歯間の隙間を通る磁束の漏れが全体として大きいので、励磁電流に対してモータの推力が小さい。さらに、電機子と可動子の間に磁気吸引力が一方方向に働くため、可動子の支持機構に大きな負担がかかり、構造に歪みが生じる等の課題があった。

【0005】本発明の課題は、磁束の漏れを少なくして、電機子と可動子間に生ずる磁気吸引力を小さくしたリニアモータ及びその製造方法を提供することにある。

##### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明の一つの特徴は、第1部材と第2部材からなるリニアモータであって、前記第1部材が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有し、前記第2部材が前記第一の対向部に挟持され、かつ、前記第2部材が前記第二の対向部に挟持され、相対移動することにする。前記第1部材は鉄心と巻線からなり、前記第2部材は永久磁石、磁性体、巻線の単種類、又は複数種類材料の組み合わせにより構成することにある。また、本発明の他の特徴は、リニアモータの製造方

法において、前記第1部材と前記第2部材との相対移動方向に対して上下方向または左右方向に前記第1部材の鉄心を複数に分割製作し、分割製作した第1部材を組み合わせて第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有するように構成することにある。

【0007】本発明の上記特徴及び上記以外の特徴は、以下の記載により、更に説明される。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。図中で同一符号でしめす構成要素は、同一物又は相当物である。

【0009】図1は、本発明の一実施形態によるリニアモータの基本構成図である。図1において、101は第一の対向部を有する鉄心であり、102は第二の対向部を有する鉄心である。前記鉄心101と前記鉄心102には上部と下部の磁極が互い違いになるように構成されている。ここで、前記鉄心101の上部磁極歯11aと下部磁極歯21bを第一の対向部と定義し、前記鉄心102の下部磁極歯12bと上部磁極歯22aを第二の対向部と定義する。よって、(2n-1)番目の鉄心は第一の対向部、(2n)番目の鉄心は第二の対向部になるように第1部材を構成する(但し、n=1, 2, 3, …)。

【0010】また、図1に示すように、前記鉄心101と前記鉄心102には一つの巻線4が収納される。前記第2部材6は前記鉄心101の第一の対向部に挟持され、かつ、前記第2部材が前記鉄心102の第二の対向部に挟持され、前記第1部材とは相対移動することを特徴とするリニアモータである。ここに、前記第1部材は鉄心101、鉄心102と巻線からなり、前記第2部材は永久磁石、磁性体、巻線の単種類、又は複数種類材料の組み合わせにより構成する。

【0011】図2は、本発明の他の実施形態によるリニアモータの概略図であり、その断面図を図3に示す。図2において、前記第1部材は前記図1で示した第一の対向部と第二の対向部を交互に複数個配置し、前記第2部材6を挟持する部分以外はユニット化したものである。1は磁極、11aは磁極1の上部磁極歯、12bは磁極1の下部磁極歯、2は磁極、21bは磁極2の下部磁極歯、22aは磁極2の上部磁極歯、3は第1部材、4は巻線、5は鉄心、6は第2部材、8は磁極1の上部磁極歯11aと磁極2の下部磁極歯21b(磁極1の下部磁極歯12bと磁極2の上部磁極歯22a)のギャップ、Psは前記第一の対向部と前記第二の対向部が有する磁極歯中心間の極ピッチである。第1部材3は、その底部の鉄心5の両側に磁極1、2を設け、断面がコ字状で上に開いた直線状の細長い鉄心に長手方向に巻線4を巻回することで、二つの磁極1、2を持たせることになる。

【0012】図2、図3に示すように、磁極1は、その

上面に磁極2に向かって突起状の上部磁極歯11a、下部磁極歯12b、…を持ち、磁極2は、その上面に磁極1に向かって突起状の下部磁極歯21b、上部磁極歯22a、…を持つ。すなわち、磁極1の突起状の(2n-1)番目(n=1, 2, 3, …)の磁極歯は上部、(2n)番目(n=1, 2, 3, …)の磁極歯は下部になるように上下2段に分けて伸ばす。また、磁極1とは反対に、磁極2の突起状(2n-1)番目の磁極歯は下部、(2n)番目(n=1, 2, 3, …)の磁極歯は上部になるように同じく2段に分けて伸ばす。磁極1と磁極2よりの上部磁極歯全体を上部磁極面、下部磁極歯全体を下部磁極面と定義すると、磁極1と磁極2の向かい合う磁極歯が互い違いになる磁極面を上部と下部2ヶ所に持たせる構造になる。

【0013】ここで、図2、図3に示すように、一番目の上部磁極歯11aと下部磁極歯21bを第一の対向部と定義し、2番目の下部磁極歯12bと上部磁極歯22aを第二の対向部と定義する。よって、(2n-1)番目は第一の対向部、(2n)番目は第二の対向部になるような第1部材構造になる。また、各対向部の上部磁極歯と下部磁極歯の間に一定のギャップ8を設け、ギャップ8に前記第2部材を通すと、第2部材が第一の対向部に挟持され、かつ、第2部材が前記第二の対向部に挟持された構造を形成する。上記により、本実施形態のリニアモータ各対向部の上部磁極歯と下部磁極歯の間ギャップには磁束が上部と下部の磁極歯間を交番して上下に流れ第1部材を形成し、ギャップを通して第2部材が相対移動する構造になる。

【0014】図3において、支持機構(第1部材側)14は第1部材3側に相対移動する第2部材6を支持し、支持機構(第2部材側)15は第2部材6側に相対移動する第2部材6を支持する機構である。第2部材6は、支持機構14、15に支持されてトンネルを通りようにギャップ8を通して相対移動する。本実施形態のリニアモータでは、第2部材6と上部磁極歯に働く吸引力と第2部材6と下部磁極歯に働く吸引力の大きさはほぼ同じであり、かつ、吸引力が働く方向は反対であるので、全体の吸引力は小さくなる。このため、第2部材6と第1部材3の磁極歯間の吸引力を小さくすることができ、支持機構14、15の負担を小さくできる。

【0015】図4に、本実施形態のリニアモータの磁束が流れる概念図を示す。前記巻線4を励磁すると、前記磁極1に取り付けられている上下の磁極歯がN極ならば、前記磁極2に取り付けられている上下の磁極歯はS極になる。この場合、磁束は磁極1の上部磁極歯11aから磁極2の下部磁極歯21bに流れ、同じく磁極1の下部磁極歯12bから磁極2の上部磁極歯22aに磁束が流れるので、上部磁極面と下部磁極面の間ギャップ8には極ピッチ毎に磁束の流れの方向が反対になる。さらに、有効磁束の磁気回路の磁路が短くなり、磁気抵抗が

小さく、有効磁束が増え、漏れ磁束は少なくなる。

【0016】図5は本実施形態のリニアモータを用いた制御ブロック図を示す。図5(a)は、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータ(図中Motorと表記)と前記第1部材と前記第2部材の相対的な変位(図中Displacementと表記)と磁極(図中Magnetic pole positionと表記)を検出するセンサ(図示せず)とその信号(図中Signalsと表記)をフィードバックする制御部(図中Controllerと表記)と外部又は内部の電源(図中Power sourceと表記)からの電力でリニアモータを駆動するパワードライブ部(図中Driverと表記)からなるクローズループ制御システムを構成するブロック図を示す。制御部には、他からの速度指令等の指令(図中Instructionsと表記)が入力される。

【0017】図5(b)は、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータ(図中Motorと表記)と制御部(図中Controllerと表記)とパワードライブ部(図中Driverと表記)からなるオープンループ制御システムを構成する他のブロック図を示す。

【0018】図5(c)は、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータ(図中Motorと表記)と、電圧センサと、制御部(図中Controllerと表記)と、パワードライブ部(図中Driverと表記)からなる磁極センサレス制御システムを構成する他のブロック図を示す。本実施形態においては、電圧センサを用いてリニアモータが発生する誘起電圧(図中Eoと表記)を制御部内に読み込んでいる。制御器内では、誘起電圧の大きさから磁極位置を推定し、リニアモータを駆動する信号をパワードライブ部(図中Driverと表記)へ出力する。本構成の制御システムでは、磁極位置センサをリニアモータ部に取り付けることなく、安定にリニアモータを駆動できるようになる。

【0019】図5(d)は、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータ(図中Motorと表記)と、電流センサと、制御部(図中Controllerと表記)と、パワードライブ部(図中Driverと表記)からなる磁極センサレス制御システムを構成する他のブロック図を示す。本実施例においては、電流センサを用いてリニアモータに流れる電流(図中Iと表記)を制御部内に読み込んでいる。制御器内では、リニアモータに印加している電圧と検出電流値から、リニアモータの誘起電圧を演算し、磁極位置を推定演算する。本構成の制御システムでは、磁極位置センサをリニアモータ部に取り付けることなく、安定にリニアモータを駆動できるようになる。

【0020】本実施形態のリニアモータを積層鋼板により構成した概略図とその分解図を図6と図7に各々を示す。図6において、前記第1部材は図4で示したような積層鋼板からなり、前記第一の対向部と第二の対向部が交互に複数個配置された構造である。図7は前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータの製造方法にお

いて、前記第1部材の巻線が配置される鉄心部と前記第2部材が挟持される対向部を有する磁極部を積層鋼板により分割製作して組み立てることを示す。

【0021】図7(a)と図7(b)は、前記第1部材の巻線がコ字状で開いた前記鉄心部に収納された場合、コ字状の両端に配置する場合(図7(a))と、または中央に配置した場合(図7(b))の概略を示す。ここで、前記第1部材は単一励磁巻線を施し、流す電流の方向を駆動回路により交互に切り換える方法を用いる(ユニファイラ巻線と呼ぶ)。または、前記第1部材の巻線は巻方向をお互いに逆にした二つの巻線を同一鉄心に施し、交互の巻線に駆動回路により同一方向の電流を流す方法を用いる(バイファイラ巻線と呼ぶ)。図7(a)と図7(b)どちらの巻線4配置方法においても、ユニファイラ巻線もしくはバイファイラ巻線を用いることはできる。

【0022】また、図7(c)では前記第2部材が挟持される対向部を有する磁極部を示す。図7に示すように、前記第1部材の巻線が配置される鉄心部と前記第2部材が挟持される対向部を有する磁極部を分割製作して組み立てることによって、構造が簡単なリニアモータの製作が可能である。組み立てる方法としては、ボルトやリベット(図示せず)による締め、溶接、樹脂などによる一体化などが可能である。

【0023】ここで、分割コアにおける巻線作業の長所について述べる。前記第1部材の巻線が配置される鉄心部と前記第2部材が挟持される対向部を有する磁極部のコアを一体化して製作したものに前記巻線4を配置する場合、鉄心部の積厚方向に巻数分通す必要がある。しかし、前記第1部材の巻線が配置される鉄心部と前記第2部材が挟持される対向部を有する磁極部のコアを分割して製作すれば、巻線4は図7に示すように簡単に入れることが出来る。

【0024】図19は、図7(a)に示した巻線4がコ字型の積層鋼板(1, 2, 3, 5)に収納された場合の平面図(a)と断面図(b)を示す。積層鋼板(1, 2, 3, 5)で形成された磁極間はダクトや樹脂(図示せず)等を用いて一定間隔を保つようとする。図19では、2個の巻線4が、図中Coil1とCoil2として、積層鋼板の柱状の部分(1, 2)を囲むように配置されている。

【0025】図20は、図7(a)と(c)を組み合せた場合の断面図を示す。図20において、第2部材6は図3と同じく、前記支持機構14, 15に支持されトンネルを通して相対移動する。

【0026】次に、図2の第1部材3を直列または並列に複数個並べたリニアモータの構造を説明する。その一例として、図8には、図2の第1部材を2個直列に並べたリニアモータを示す。図8において、一般的には、第1部材Aの磁極歯とその隣り合う第1部材Bの磁極歯の

ピッチが  $(k \cdot P + P/M) \{ (k=0, 1, 2, \dots), (M=2, 3, 4, \dots) \}$  になるように第1部材Aと第1部材Bを直列に並べる。ここで、Pは極ピッチ（極ピッチPは電機子磁極ピッチPs又は第2部材極ピッチPmどちらかを選ぶ）、Mはモータの相数を表わす。第2部材6には、隣り合う磁極が異極になるように永久磁石7を複数個配置し、図3に示すZ方向に着磁する。第1部材Aと第1部材Bの巻線4を交互に移動磁界が発生するように励磁すると、上部磁極面と下部磁極面の間ギャップ8には極ピッチ毎に反対方向に磁束が流れ、移動に必須なP/2によって推力が発生し、第2部材6が相対移動する。

【0027】次に他の一例として、図9には、図2の第1部材を2個並列に並べたリニアモータを示す。図9において、第2部材6aと第2部材6bは、P/2ピッチだけずらせて一体化する。相対的に、第2部材6aと第2部材6bは揃えて第1部材Aと第1部材BをP/2ピッチだけずらせてても良い。

【0028】図8、図9において、第1部材磁極ピッチPsと第2部材極ピッチPmの値を同じするか、又は異なっても良い。第1部材磁極ピッチPsと第2部材極ピッチPmの値を異なるようにすれば、永久磁石7と磁極間に働く推力脈動を低減する効果がある。

【0029】ここで、図8では、第1部材を2個直列に並べることについて説明したが、第1部材を複数個直列に並べても同様である。同じく、図9では、第1部材を2個並列に並べ、2個の第2部材を一体化することについて説明したが、第1部材を複数個並列に並べ、複数個の第2部材を一体化しても同様である。

【0030】図18は、図8に示すリニアモータの一部の分解図を示す。磁極1、2と磁極歯11a、12b、21b、22aを分割製作し、磁極1と磁極歯11a、12b、磁極2と磁極歯21b、22aを組み合わせることによって第1部材を製造する。この場合、片側の磁極と同磁極上下の磁極歯を一体化したプレス加工して組み合わせることも可能である。更に、両側の磁極、磁極歯一体化したプレス加工して組み合わせることも可能である。支持機構14は第1部材側に固定して、第2部材を左右、上下に支持する。図中の矢印は磁化の方向（図中Direction of magnetizationと表記）を示す。

【0031】図10は、本発明の他の実施形態による第1部材の直列配置の概略図である。図10では、第1部材を4個並べ、2個の第1部材を1相とし、極ピッチをPとするとき、同相間の隣り合う第1部材の磁極歯のピッチを  $(kP) \{ (k=0, 1, 2, \dots) \}$  、異相間の隣り合う第1部材の磁極歯のピッチを  $(kP + P/M) \{ (k=0, 1, 2, \dots), (M=2, 3, 4, \dots) \}$

{kは隣り合う第1部材の配置可能範囲で自由に選べる数、Mはモータの相数}とする2相のリニアモータの直列配置を示す。図10（a）は第1部材のA相（図中ph

ase Aと表記）、B相（図中phase Bと表記）、A相、B相の配置、図10（b）は第1部材のA相、A相、B相、B相の配置である。

【0032】図10のように、複数（多数）の第1部材を1相として配置することにより、大きな推力が得られるリニアモータになる。ここで、図10に、第1部材を4個並べ、2個の第1部材を1相としたリニアモータを示したが、第1部材を複数個直列に並べても同様である。また、第1部材を複数個並列に並べ、複数個の第2部材を一本化しても同様である。

【0033】図11は、本発明の平板状の第2部材について他の実施形態を示す。図12は、図11の平板状の第2部材を円筒型第2部材にした例を示す。

【0034】図11において、平板状の強磁性体の両面に凸の磁極歯13を設けると、第1部材の対向部の磁極との間で進行方向に対して磁気抵抗が変化する。すなわち、凸の磁極歯13と第1部材の対向部の磁極との間の磁気抵抗は、強磁性体の平板部16と第1部材の対向部の磁極との間の磁気抵抗より小さい。この磁気抵抗の変化を利用して、移動自在な第2部材となる。ここで、凸の磁極歯13を強磁性体にし、平板部16に永久磁石を設けることにより、複合型第2部材にすることも可能である。また、凸の磁極歯13を強磁性体にして平板部16を非磁性体とする組み合わせにしても良い。図12において、軸35に強磁性体36と非磁性体37を組み合わせとする。また、永久磁石を兼用しても良い。

【0035】図11、図12において、第2部材6は無端状ベルト又はチェインにして（図示せず）、強磁性体を埋め込んだ構造にしても良い。また、永久磁石を兼用して設けても良い。

【0036】図13は本発明の他の実施形態によるリニアモータの概略図を示す。図13を用いて、第2部材として前記永久磁石7の替わりに巻線57を用いた本発明の実施形態について説明する。図13において、第2部材に前記永久磁石7の替わりに巻線57を用いた例である。第1部材の巻線4は直流励磁による界磁巻線の役割を、第2部材の巻線57はリード線（図示せず）を設け複数相の移動磁界を発生する電機子巻線の役割を持たせることで、相対移動することが可能である。

【0037】図8に示す前記第2部材に永久磁石7を用いた場合は、前記第1部材の巻線4を無励磁にしても、前記第2部材の永久磁石7と前記第1部材の対向部の磁極間には力（ディテント力と呼ぶ）が発生する。図13に示すように、第2部材に前記永久磁石7の替わりに前記巻線57を用いることによって、無励磁の時に第1部材と第2部材間に働くディテント力がなくなる効果がある。

【0038】また、図13において、第2部材の巻線57を設ける際には、強磁性体58を付けて前記巻線57を構成するコア付き巻線方式と、強磁性体58を付けな

いで前記巻線57を構成するコアレス巻線方式（空心コイル方式とも呼ぶ）どちらでも使用可能である。

【0039】図14は、図13で示した第2部材の巻線配置を2相リニアモータにした例を示す。図14(a)は第2部材6にA相（図中phase Aと表記）とB相（図中phase Bと表記）の巻線57が配置された概略図である。図14(b)は図14(a)の第2部材が第1部材の対向部を有する上下の磁極歯に挟持された断面を示す。図13に示した前記第1部材の巻線4は直流励磁による界磁巻線の役割を持たせ、前記巻線57には電源ドライバ（図示せず）より2相移動磁界を与えて、第1部材と第2部材は相対移動する。上の磁極歯は、図中the upper magneticpolesと表記している。下の磁極歯は、図中the lower magnetic polesと表記している。

【0040】図15は、図13で示した第2部材6の巻線配置を3相リニアモータにした一例を示す。図16は、図15で示した第2部材6の巻線の束数を2倍にした他の実施例を示す。図15、図16において、両方とも第2部材の巻線配置を3相モータにした例であるが、基本動作原理は図13で述べたものと同じであり、前記巻線57には電源ドライバ（図示せず）より3相移動磁界を与えて、第1部材と第2部材は相対移動する。図15、図16において、3相巻線は、それぞれ、図中でphase U又はU、phase V又はV、phase W又はWと表記している。また、図14と同様に、上の磁極歯は、図中the upper magnetic polesと表記している。下の磁極歯は、図中the lower magnetic polesと表記している。

【0041】図17は、本発明の実施形態のリニアモータにおける他の製造方法を示す。この製造方法は、巻線4が巻かれる鉄心、両側の磁極、上部磁極歯11aと対向部の下部磁極歯21bを分割製作し、組み立てる時に一体化した前記第一の対向部の鉄心101を積層鋼板によって製造する方法である。第一の対向部の鉄心101を左右変えて配置すれば、前記第二の対向部の鉄心102になる。前記第一の対向部の鉄心101と前記第二の対向部の鉄心102との間には支持機構32、ダクト33を設ける。よって、(2n-1)番目は第一の対向部の鉄心に当たり、(2n)番目は第二の対向部の鉄心に当たり第1部材を構成する構造になる。

【0042】また、前記第一の対向部の鉄心101と前記第二の対向部の鉄心102を左右半分に分割して製作したものをユニット化して、前記巻線4を左右から挟み込むようにして組み立てる方法も可能である。

【0043】いずれの製造方法についても、第2部材の形状種類に関係なく組み合わせが可能である。

【0044】なお、本発明の実施形態として、2相、3相リニアモータについて説明したが、4相、5相等の多相リニアモータとして利用することができる。

【0045】また、本発明の実施形態として、リニアモータについて説明したが、この実施形態の第1部材と第

2部材は、第1部材の巻線4、又は第2部材の巻線57のいずれかに交流電流を供給することにより、第2部材が相対往復移動する振動型リニアアクチュエータとして利用することができる。

【0046】図21は第1部材を並列に配置した本発明の実施形態を示す。図21(a)はモールド化した一つの第1部材3と第2部材6からなる基本構成の概略を示す。図21(b)は、当該基本構成を二つ並列に配置したものと示す。複数の第1部材3と複数の第2部材6の各々は一体に連結されて、前記複数の第1部材3を固定し、前記複数の第2部材6を可動する仕組みになる。これにより、容易に強い推力を発生できる。また、反対に第2部材6を固定し、第1部材3を可動することも可能である。

【0047】図22は巻線の配置の他の実施例を示す。図22は第1部材の鉄心部30に巻線を配置する場合様々な方法が考えられるが、図22(a)は鉄心部30の底辺に第2部材6と平行して一つの束で配置したものと示す。図22(b)は巻線4を二つの束にし鉄心部30の両側に配置したものである。図22(a)の場合は、図の正面から見て左右に巻線が出っ張らないので、幅を小さく出来る。図22(b)の場合は、図の正面から見て上下に巻線が出っ張らないので、上下の厚みを小さく出来る。

【0048】図23は第1部材3である鉄心部を並列に配置（横並び）した正面図を示す。図23(a)は巻線4が隣り合う二つの鉄心部に跨って配置されたものと示す。図23(b)は図23(a)の巻線配置をしたものに対して、鉄心部外側の両側には各々の巻線4を加えて配置したものである。これにより、第1部材3である鉄心部を並列に配置しても、巻線4の自由な配置が可能となる。

【0049】図24は第1部材である鉄心部を並列に配置した別の例（縦並び）の正面図を示す。

【0050】図24(a)は、巻線4が配置される鉄心部（第1部材3）の背中（第2部材6である可動子から遠い面）同士が上下に配置され、その二つの鉄心部に跨って巻線4が配置されたものを示す。図24(b)は、同様に、鉄心部（第1部材3）の背中同士が上下に配置されのものであり、複数組（図では4組）の巻線4が上下左右に配置された例を示す。これにより、第1部材3である鉄心部を並列に配置しても、巻線4の自由な配置が可能となる。

【0051】図25は、第1部材3に関する他の実施例を示す。図25に示すように、図13で示した巻線4と鉄心5からなる電磁石の代わりに図25中矢印で示した磁化の方向を有する永久磁石55を配置した実施形態である。この場合、巻線4が不要となるので、巻線のための空間が不要となり、空間利用効率が向上する。

【0052】図26は、第1部材に関する他の実施例を

示す。図26は図25の実施形態で示した永久磁石55を鉄心部3の両側に配置したものである。図26中央矢印で示した磁化の方向を有する複数(2個)の永久磁石55を有している。この場合も、巻線4が不要となるので、巻線のための空間が不要となり、空間利用効率が向上する。

【0053】図25と図26に示した永久磁石は、一体化して構成しても基本的な動作原理は同じ効果が得られる。また、該永久磁石を、磁極歯のピッチに合わせて分割して製作して組み立てても良い。

【0054】図27は第2部材6の磁極を配置する際にスキーをした(斜めに配置した)実施形態を示す。図27(a)は永久磁石を用いる第2部材6のスキーしたもの(Skew:図中右側)と、しないもの(Normal:図中左側)を示す。図27(b)は図11で示した強磁性体13にスキーした(斜めに配置した)ものSkew:図中右側)と、しないもの(Normal:図中左側)を示す。また、永久磁石と強磁性体の複合型の第2部材6においてスキーをしても同じ効果が得られる。スキーすることでディテント力が小さくなり、推力リップルも小さくなる効果がある。

【0055】以上説明したように、本発明の実施形態によれば、有効磁束の磁気回路の磁路が短くなり、磁極歯の漏れ磁束を少なくすることができます。また、本実施形態のリニアモータでは、第2部材6と上部磁極歯に働く吸引力と第2部材6と下部磁極歯に働く吸引力の大きさは同じであり、かつ、吸引力が働く方向は反対であるので、全体の吸引力は小さくなる。このため、第2部材6と第1部材3の磁極歯間の吸引力を小さくすることができ、支持機構14、15の負担を小さくできる。また、コイルが巻かれる電機子鉄心、両側の磁極、上部磁極歯と対向部の下部磁極歯を一体化した磁極ユニットを積層鋼板により第1部材を分割製作することにより、本発明のリニアモータを容易かつ能率よく製造することができる。

【0056】本明細書では、例えば、以下のものが開示される。即ち、(1)第1部材と第2部材からなるリニアモータであって、前記第1部材が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有し、前記第2部材が前記第一の対向部に挟持され、かつ、前記第2部材が前記第二の対向部に挟持され、相対移動するリニアモータ。(2)第1部材と第2部材からなるリニアモータであって、前記第1部材と前記第2部材との相互作用により、前記第2部材の相対移動方向と垂直方向における相対位置が保持されるリニアモータ。(3)上記(1)又は上記(2)において、前記第1部材は鉄心と巻線からなり、前記第2部材は永久磁石、磁性体、巻線の単種類、又は複数種類材料の組み合わせにより構成するリニアモータ。(4)上記(1)又は上記(2)において、前記第1部材は鉄

心、永久磁石と巻線からなり、前記第2部材は永久磁石、磁性体、巻線の単種類、又は複数種類材料の組み合わせにより構成するリニアモータ。(5)上記(1)において、前記第2部材の永久磁石、強磁性体を配置する際にスキーをしたリニアモータ。(6)上記(1)乃至上記(5)のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータと前記第1部材と前記第2部材の相対的な変位と磁極を検出するセンサとその信号をフィードバックする制御部とパワードライブ部からなるクローズループ制御システムを構成するリニアモータ駆動システム。(7)上記(1)乃至上記(6)のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータと制御部とパワードライブ部からなるオープンループ制御システムを構成するリニアモータ駆動システム。(8)上記(1)乃至上記(7)のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータと、パワードライブ部と、前記リニアモータの誘起電圧を検出し、該電圧検出値に基づいて、前記第1部材と第2部材の相対的な磁極位置を推定する手段を含む制御部からなる制御システムを構成するリニアモータ駆動システム。(9)上記(1)乃至上記(8)のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータと、パワードライブ部と、前記リニアモータに流れる電流を検出し、該電流検出値に基づいて、前記第1部材と第2部材の相対的な磁極位置を推定する手段を含む制御部からなる制御システムを構成するリニアモータ駆動システム。(10)上記(1)乃至上記(9)のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータの製造方法において、前記第1部材は單一励磁巻線を施し、流す電流の方向を駆動回路により交互に切り換えるリニアモータ。(11)上記(1)乃至上記(10)のいずれかにおいて、前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータの製造方法において、前記第1部材の巻線は巻方向をお互いに逆にした二つの巻線を同一鉄心に施し、交互の巻線に駆動回路により同一方向の電流を流すリニアモータ。(12)上記(1)乃至上記(11)のいずれかにおいて、前記第1部材を複数個並べ、極ピッチをPとするとき、隣り合う第1部材の磁極歯とのピッチを $(k \cdot P + P/M)$  { $(k = 0, 1, 2, \dots)$ ,  $(M = 2, 3, 4, \dots)$ } {ここに、kは隣り合う第1部材の配置可能範囲で自由に選べる数、Mはモータの相数}とするリニアモータ。(13)上記(1)乃至上記(12)のいずれかにおいて、前記第1部材を複数個並べ、多数の第1部材を1相とし、極ピッチをPとするとき、同相間の隣り合う第1部材の磁極歯とのピッチを $(k \cdot P)$  { $(k = 0, 1, 2, \dots)$ }、異相間の隣り合う第1部材の磁極歯とのピッチを $(k \cdot P + P/M)$  { $(k = 0, 1, 2, \dots)$ ,  $(M = 2, 3, 4, \dots)$ } {kは隣り合う第1部材の配置可能範囲で自由に選べる数、Mはモータの相数}とするリニアモ

ータ。 (14) 上記 (1) 乃至上記 (13) のいずれかにおいて、前記第1部材の磁極ピッチと前記第2部材の磁極ピッチと同じ値、または、異なる値とするリニアモータ。 (15) 上記 (1) 乃至上記 (14) のいずれかにおいて、前記第1部材のギャップ内を相対動する第2部材を支持する支持機構を設けるリニアモータ。 (16) 前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータの製造方法において、前記第1部材の巻線が配置される鉄心部と前記第2部材が挟持される対向部を有する磁極部を積層鋼板により分割製作して組み立てるリニアモータの製造方法。 (17) 前記第1部材と前記第2部材からなるリニアモータの製造方法において、前記第1部材と前記第2部材との相対移動方向に対して上下方向または左右方向に前記第1部材の鉄心を複数に分割製作し、前記第1部材の巻線を鉄心部に収納し前記分割製作した鉄心とを一体化するリニアモータの製造方法。 (18) 上記 (1) において、該リニアモータは、磁性体で形成された電機子と、該電機子に巻回されたコイルと、該電機子が生ずる磁場に作用することにより、該電機子と相対的に移動可能な可動子とからなるリニアモータであって、該リニアモータは更に前記電機子の一方の磁極に磁気的に結合され、該可動子の移動方向に対し略垂直方向に第1段及び第2段に分けて配列した一方の磁極歯列と、前記電機子の他方の磁極に磁気的に結合され、該可動子の移動方向に対し略垂直方向に第1段及び第2段に分けて配列した他方の磁極歯列とを有し、該一方の磁極歯列の第1段の磁極歯と該他方の磁極歯列の第1段の磁極歯が該可動子の移動方向に対して交互に配列され、該一方の磁極歯列の第2段の磁極歯と該他方の磁極歯列の第2段の磁極歯が該可動子の移動方向に対して交互に配列され、該一方及び該他方の第1段の磁極歯列と該一方及び該他方の第2段の磁極歯列の間に該可動子が配列されたリニアモータ。 (19) 上記 (18) において、前記電機子、前記コイル、前記一方及び他方の磁極歯列からなる電機子ユニットを複数個並べ、極ピッチをPとするとき、隣り合う電機子ユニットの前記磁極歯列とのピッチを  $(k \cdot P + P/M) \{ (k = 0, 1, 2, \dots), (M = 2, 3, 4, \dots) \}$  (kは隣り合う電機子ユニットの配置可能範囲で自由に選べる数、Mはモータの相数) とするリニアモータ。 (20) 上記 (18) 乃至上記 (19) のいずれかにおいて、前記電機子、前記コイル、前記一方及び他方の磁極歯列からなる電機子ユニットを複数個並べ、多数の電機子ユニットを1相とし、極ピッチをPとするとき、同相間の隣り合う電機子ユニットの磁極歯列とのピッチを  $(k \cdot P) \{ (k = 0, 1, 2, \dots) \}$  、異相間の隣り合う電機子ユニットの磁極歯列とのピッチを  $(k \cdot P + P/M) \{ (k = 0, 1, 2, \dots), (M = 2, 3, 4, \dots) \}$  (kは隣り合う電機子ユニットの配置可能範囲で自由に選べる数、Mはモータの相数) とするリニアモータ。 (21) 上記 (1)

8) 乃至上記 (20) のいずれかにおいて、前記電機子、前記コイル、前記一方及び他方の磁極歯列からなる電機子ユニットの磁極歯列のピッチと前記可動子の磁極ピッチと同じ値、または、異なる値とするリニアモータ。 (22) 磁性体で形成された電機子と、該電機子に巻回されたコイルと、該電機子が生ずる磁場に作用する可動子とからなり、該可動子は固定的に支持され該電機子が相対的に移動可動なりニアモータであって、該ニアモータは更に前記電機子の一方の磁極に磁気的に結合され、該可動子の移動方向に対し略垂直方向に第1段及び第2段に分けて配列した一方の磁極歯列と、前記電機子の他方の磁極に磁気的に結合され、該可動子の移動方向に対し略垂直方向に第1段及び第2段に分けて配列した他方の磁極歯列とを有し、該一方の磁極歯列の第1段の磁極歯と該他方の磁極歯列の第1段の磁極歯が該可動子の移動方向に対して交互に配列され、該一方の磁極歯列の第2段の磁極歯と該他方の磁極歯列の第2段の磁極歯が該可動子の移動方向に対して交互に配列され、該一方及び該他方の第1段の磁極歯列と該一方及び該他方の第2段の磁極歯列の間に該可動子が配列されたリニアモータ。 (23) 磁性体で形成された電機子と、該電機子に巻回されたコイルと、該電機子が生ずる磁場に作用することにより、該電機子と相対的に移動可能な可動子とからなるリニアモータの製造方法において、該電機子と、一方及び他方の磁極と、一方及び他方の磁極歯列を、一体化した磁極ユニットとして積層鋼板により分割製作し、前記分割製作した磁極ユニットを組み合わせて前記リニアモータを構成するリニアモータの製造方法。

【0057】以上を要約すると、第1部材と第2部材からなるリニアモータであって、前記第1部材が少なくとも第一の対向部を有する第一極性の磁極と第二の対向部を有する第二極性の磁極とを有し、前記第2部材が前記第一の対向部に挟持され、かつ、前記第2部材が前記第二の対向部に挟持され、相対移動することにする。前記第1部材は鉄心と巻線からなり、前記第2部材は永久磁石、磁性体、巻線の単種類、又は複数種類材料の組み合わせにより構成する。これにより、電機子の磁極歯間の隙間を通る磁束の漏れを少なくして、電機子と可動子の間に生ずる磁気吸引力を小さくすることが可能となる。

【0058】

【発明の効果】本発明によれば、磁極歯間の隙間を通る磁束の漏れを少なくして、電機子と可動子間に生ずる磁気吸引力を小さくしたリニアモータ及びその製造方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態によるリニアモータの基本構成図である。

【図2】本発明の他の実施形態をなすリニアモータの概略図である。

【図3】図1のリニアモータの断面図である。



【図4】

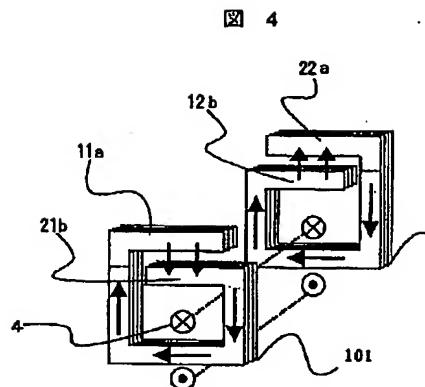
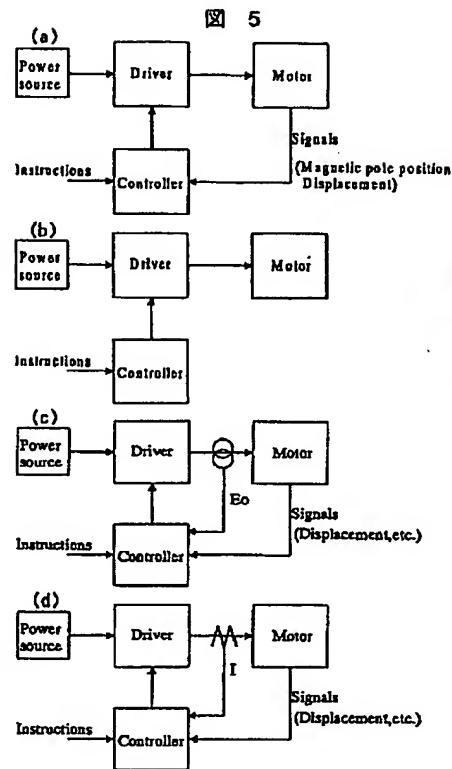


図 4

【図5】



【図6】

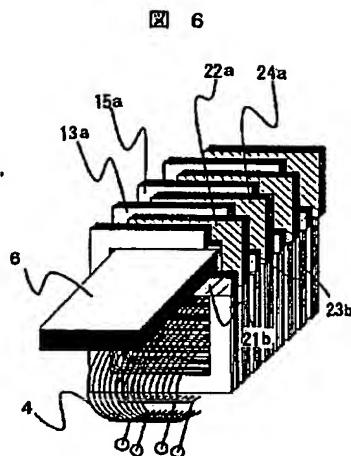


図 6

【図7】

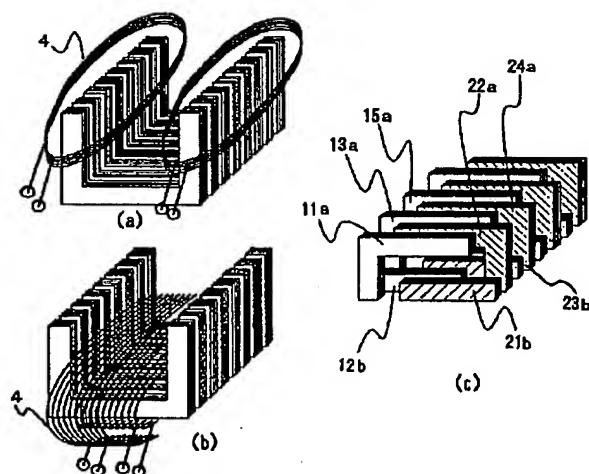


図 7

【図8】

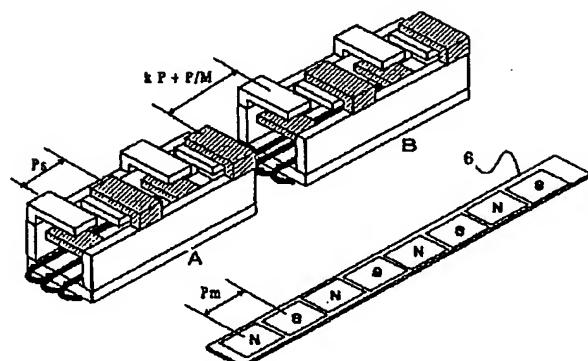
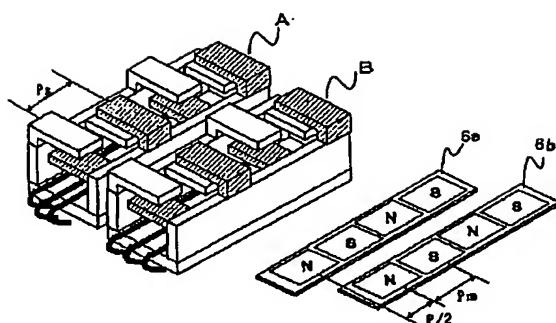


図 8

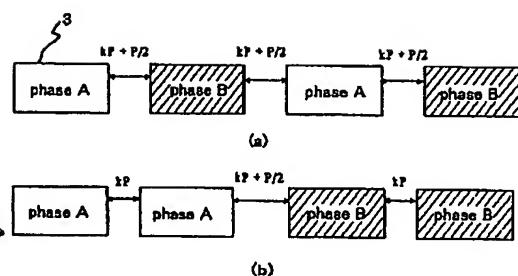
【図9】

図9



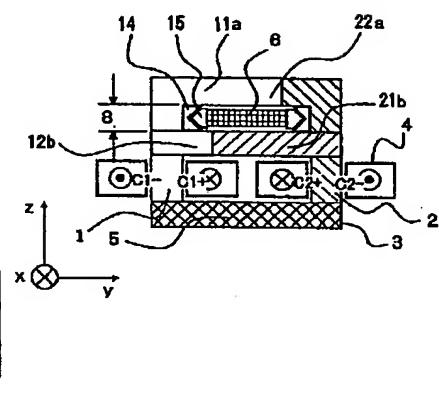
【図10】

図10



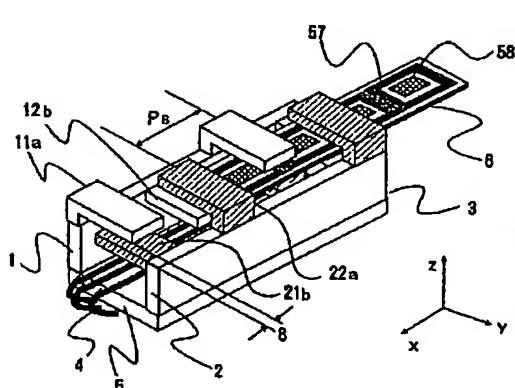
【図20】

図20



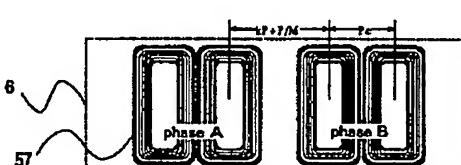
【図13】

図13

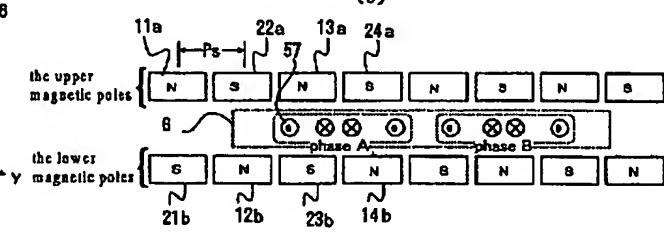


【図14】

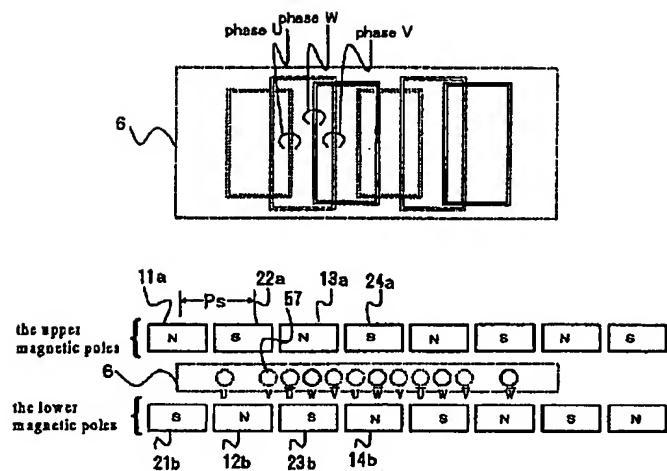
(a)



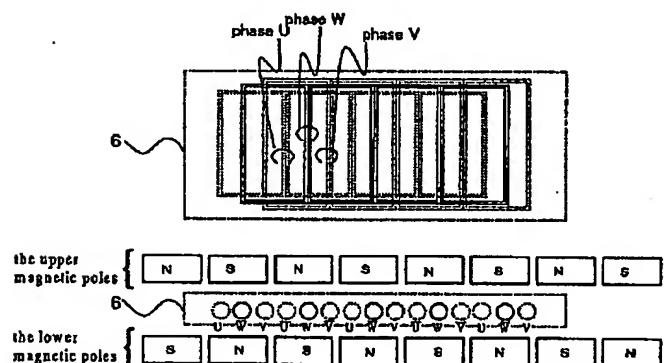
(b)



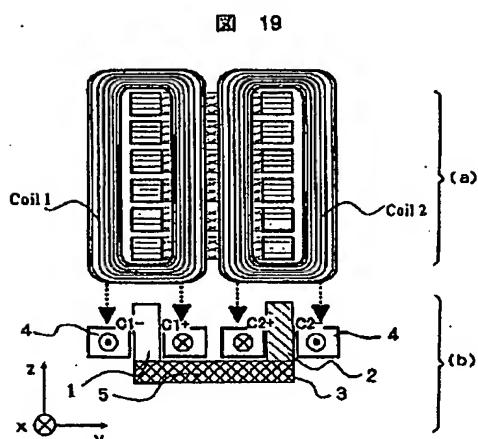
【図15】



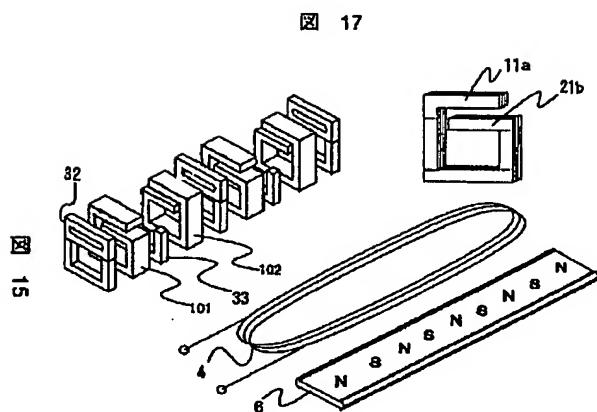
【図16】



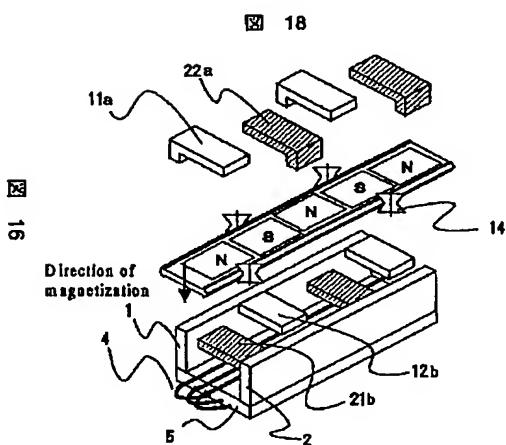
【図19】



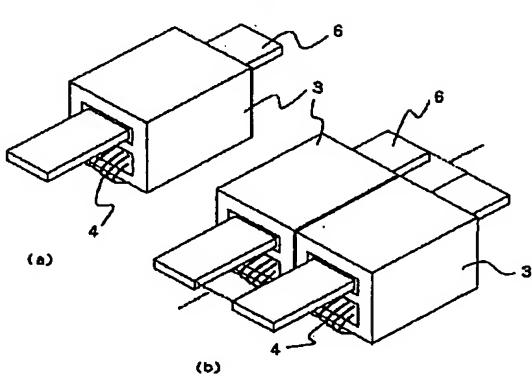
【図17】



【図18】



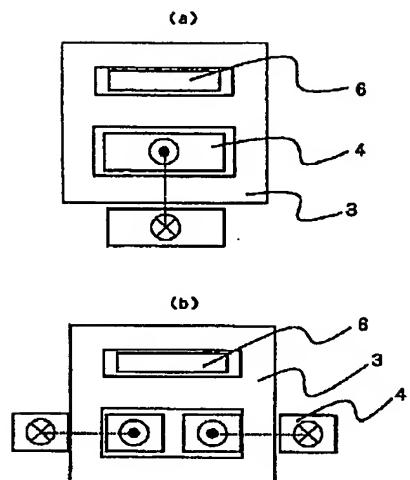
【図21】



【図21】

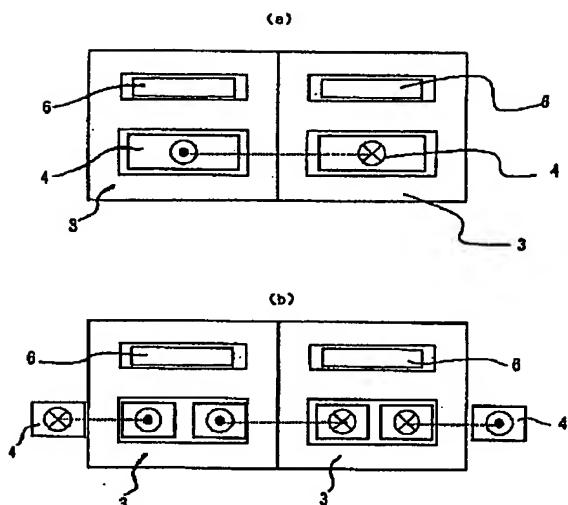
【図22】

図22



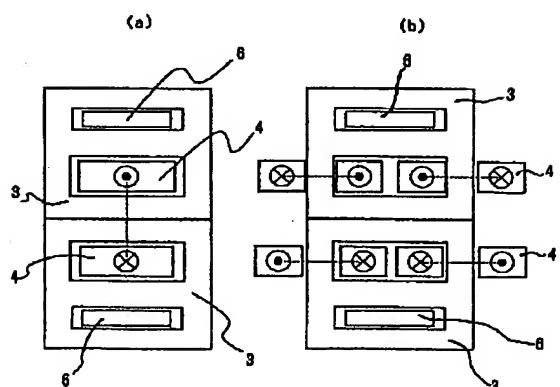
【図23】

図23



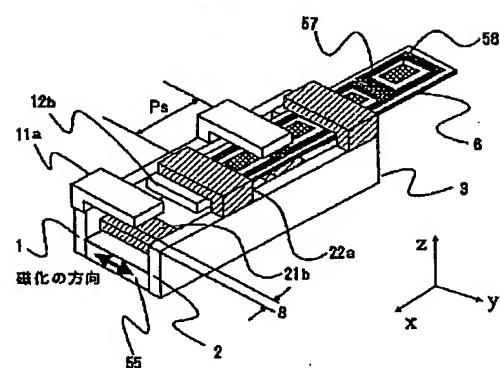
【図24】

図24



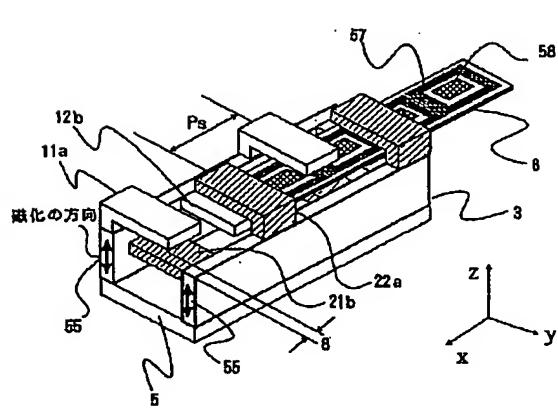
【図25】

図25



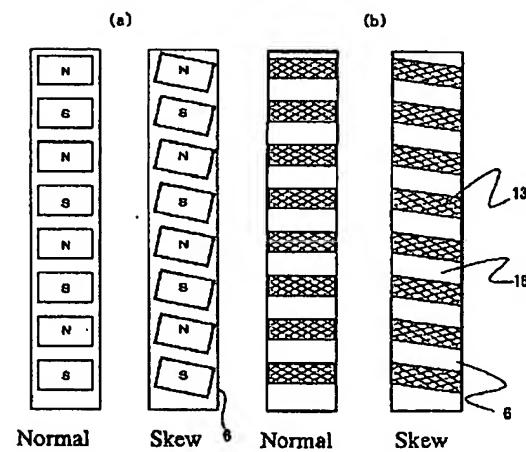
【図26】

図26



【図27】

図27



## フロントページの続き

(51) Int.Cl. <sup>7</sup> H 02 P 7/00	識別記号 1 0 1	F I H 02 P 7/00	テマコード(参考) 1 0 1 B
(72)発明者 岩路 善尚 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 式会社日立製作所日立研究所内		F ターム(参考)	5H002 AA02 AA07 AB06 AE07 5H540 BA05 BB02 BB04 BB05 BB08 BB09 EE08 FA02 FA06 FC02 FC03
(72)発明者 宮崎 泰三 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 式会社日立製作所日立研究所内			5H615 AA01 BB01 BB07 PP01 PP06 PP12 QQ11 SS05
(72)発明者 羽二生 倫之 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 式会社日立製作所日立研究所内			5H641 BB03 BB06 BB14 BB18 BB19 GG02 GG03 GG04 GG05 GG07 GG08 GG11 GG12 GG24 GG26 HH02 HH03 HH04 HH05 HH07 HH10 HH12 HH13 HH14 JA01